



Schutzfrist ergeben und zusätzlich auch die Laufzeit eine abgelaufene Schutzfrist aufweist. Es muss im Erschließungsdatensatz also ein Lebensdatum angegeben sein und das berechnete Referenzdatum kleiner als das aktuelle Datum sein UND es muss immer ein Entstehungszeitraum genannt sein und das zugehörige Referenzdatum ebenfalls kleiner als das aktuelle Datum sein. Erst und nur in diesem Fall wird die Verzeichnungseinheit freigegeben, das heißt für den Export in das Internet via OLF21 freigegeben.

Ausführungsprotokoll

Die maschinell vorgenommenen Freigaben sind reversibel. Das Werkzeug bietet für diesen Zweck ein Ausführungsprotokoll, in dem

die geänderten Verzeichnungseinheiten aufgelistet werden. Der Anwender kann den jeweiligen Lauf und damit den bearbeiteten Bestand auswählen. Pro Lauf werden der Titel der geänderten Titelaufnahme und der Bestand dokumentiert. Das Datum der Ausführung und der Name des Bearbeiters werden ebenfalls angezeigt. Das Protokoll kann ausgedruckt werden.

Zurücksetzen von freigegebenen Verzeichnungseinheiten

Sollten für die Freigabe relevante Erkenntnisse (vor allem das Todesdatum) nach der Freigabe bekannt oder eine fehlerhafte Datenerfassung festgestellt werden, die eine erneute Sperrung eines Datensatzes nötig machen, ist dafür eine Routine vorbereitet. Der Anwender kann einen oder mehrere Einträge innerhalb der Liste markieren, um entweder eine einzelne selektierte Verzeichnungseinheit oder den ganzen Lauf zurückzusetzen. Damit wird die Freigabe wieder rückgängig gemacht.

Zusammenfassung

Die Möglichkeiten der Reversion und Protokollierung bieten dem verantwortlichen Bearbeiter ein hohes Maß an Kontrolle und Sicherheit, da jederzeit Rechenschaft gegeben werden kann, warum im Einzelfall eine Information öffentlich zugänglich ist und sich zudem eine irrtümliche Freigabe wieder korrigieren lässt.

Es bestehen derzeit Planungen, die Funktionalität auch auf Sachakten anwendbar zu machen. Dort würden Schutzfristen nur auf Basis der Laufzeit berechnet werden können. ■

Thomas Fritz, Stuttgart

DAS BÜCKEBURGER VERFAHREN ZUR MASSENENTSÄUERUNG VON ARCHIVGUT

ERGEBNISSE EINER LÄNGERFRISTIGEN WIRKUNGSKONTROLLE

Vor etwa 30 Jahren wurde die Entwicklung von maschinellen Verfahren zur Entsäuerung modernen Papiers in Angriff genommen. Die Bemühungen waren erfolgreich. Mehrere Verfahren sind bis zur Produktionsreife gediehen.¹ Darunter nimmt das „Bückeburger Verfahren“ eine hervorragende Stellung ein. Über die Langzeitwirkung der Behandlung nach diesem Verfahren soll hier ein vorläufiger, erster Bericht erstattet werden.²

Das Staatsarchiv Bückeburg hatte ein Verfahren zur Massenentsäuerung von losen Blättern im wässrigen Medium (nach dem sog.

¹ Die Literatur zum Thema ist inzwischen kaum noch zu überschauen. Einen Überblick über die Verfahren bietet Gerhard Banik: Mass Deacidification Technology in Germany and its Quality Control, in: Restaurator 26 (2005), S. 63-75. Zur Einführung eignet sich auch heute noch (obwohl in einzelnen Teilen von der Entwicklung überholt): Wolfgang Bender: Die Massenentsäuerung von Archivgut als ein Mittel der Bestandserhaltung, in: Der Archivar 54 (2001), S. 297-301.

² Der vorliegende Bericht schließt an Forderungen an, die bei der internationalen Tagung der European Commission on Preservation and Access (ECPA) am 18./19. Oktober 2000 erhoben wurden. Dazu gehörte die Frage der nach der Langzeitwirkung der Behandlung; vgl.: Massenentsäuerung in der Praxis – Bericht über eine internationale Konferenz in Bückeburg von Hubert Höing, in: Der Archivar 54 (2001), S. 150.

„Bückerburger Verfahren“) entwickelt.³ Der Probebetrieb der Pilotanlage, die von der Papiertechnischen Stiftung in München für das Staatsarchiv Bückeberg seit 1987 konstruiert und errichtet worden war, wurde im Juli 1996 nach zweijähriger Dauer beendet. Die Anlage samt Know-how wurde an die Firma Hans Neschen GmbH übergeben. Auf dieser Basis hat Firma Neschen eine produktionsfähige Anlage gebaut und bietet seither die Dienstleistung „Konservierung modernen Archivgutes nach dem Bückeberger Verfahren“ auf dem freien Markt an.⁴ Auch das Niedersächsische Landesarchiv nimmt diese Dienstleistung gegen entsprechendes Entgelt in Anspruch.

Bei der Weiterentwicklung kooperierte die Firma Neschen immer wieder mit dem Staatsarchiv Bückeberg, so dass der Bezug zur Praxis gewahrt blieb. Seine theoretischen Erkenntnisse und praktischen Erfahrungen im Bereich der Restaurierung und Konservierung von Archivalien, namentlich aus der manuellen Entsäuerung großformatiger Karten und Pläne ebenso wie seine Erfahrungen auf dem Gebiet der archivischen Aufgabenverwaltung kamen der Weiterentwicklung im verfahrenstechnischen Sinne zugute. Konkret wurde z. B. die Erkenntnis, dass Fixierung, Pufferung und Leimung statt in drei Bädern in einem einzigen Bad erreicht werden können, im Staatsarchiv bei der händischen Restaurierung großformatiger Karten gewonnen.⁵ Die Maßnahme führte zu einer erheblichen Rationalisierung des Verfahrens ebenso wie zu einer Verbesserung der Fixierung der Schreibstoffe. Eine wesentliche Verbesserung erfuhr auch das Transportsystem. Die Blätter werden nun nicht mehr in metallenen Käfigen hängend, sondern zwischen zwei Endlos-Sieben bzw. über Bürstenrollen sicher durch die Anlage geführt. In der Hauptsache ist das Verfahren von heute jedoch identisch mit dem der Pilotanlage.

Im Rahmen des Qualitätsmanagements finden regelmäßig Kontrollen der Wirksamkeit statt. Dies geschieht dadurch, dass in festgelegten Zeitabständen standardisierte Testpapiere, die sauer sein müssen, durch die Anlage laufen und anschließend auf ihre optischen und haptischen, vor allem aber auf ihre chemischen (pH-Wert, Alkalireserve) und physikalischen Eigenschaften (Bruchkraft nach Falzung) geprüft werden.⁶

Die längerfristige Wirksamkeit der Behandlung konnte bisher nur durch künstliche Alterung der Papiere gemessen werden. Die künstliche Alterung simuliert in einem genormten, beschleunigten Verfahren⁷ den Alterungsprozess, indem die Probanden stufenweise einige Tage einer erhöhten Temperatur und einer erhöhten Luftfeuchtigkeit ausgesetzt werden. Die je nach Aufbewahrungsbedingungen verschiedenen, komplexen Vorgänge bei der natürlichen Alterung können bei der künstlichen Alterung indessen kaum umfassend nachgebildet werden. Es ist demnach unverzichtbar, die langfristige Wirkung der Behandlung in der Realität zu prüfen. Da die Anfänge der maschinellen Behandlung nach dem „Bückeberger Verfahren“ ins Jahr 1994 zurückreichen⁸, ist der Zeitpunkt gekommen, an dem auch eine Prüfung der längerfristigen Wirksamkeit nach natürlicher Alterung möglich wird.

Im Jahr 1995 wurde die Wirksamkeit des Konservierungsverfahrens in einem umfangreichen Untersuchungsprogramm durch das Staatsarchiv Bückeberg und verschiedene unabhängige Institutionen überprüft. Die Prüfungsverfahren entsprachen den üblichen Normen. Behandelte und unbehandelte Probanden wurden jeweils chemisch auf ihren pH-Wert und die alkalische Reserve sowie mechanisch auf Bruchkraft, Bruchkraft nach Falzung und Dehnung untersucht. Die Ergebnisse der Behandlung entsprachen in allen Punkten den selbst gesteckten Zielen.⁹

Papier Nr. 20

	künstlich gealtert, gemessen 1995								natürlich gealtert, gemessen 2007	
	0 Tage		12 Tage		24 Tage		48 Tage		12 Jahre	
	unbehandelt	behandelt	unbehandelt	behandelt	unbehandelt	behandelt	unbehandelt	behandelt	unbehandelt	behandelt
pH-Wert	4,5	10,7	4,3	9,9	4,3	9,7	4,1	9,1	3,8	9,5
alkalische Reserve in mol/kg	///	0,48	///	0,37	///	0,37	///	0,29	///	0,4
alkalische Reserve in % CaCO₃	///	2,41	///	1,83	///	1,86	///	1,46	///	1,95

Tabelle 1¹⁰

Ein Teil der Probanden wurde durch Feuchtwärmebehandlung jeweils künstlich gealtert (12, 24 und 48 Tage bei 80° C und 65 % rF), um ihn mit Probanden ohne zusätzliche Alterung (0 Tage) vergleichen zu können. Dies geschah in der begründeten Annahme, dass sich der Zersetzungsprozess der Säure zwar unterbrechen, aber auf Dauer nicht aufhalten lässt. Tatsächlich sank auch der pH-Wert der behandelten Papierproben nach 48 Tagen beschleunigter Alterung in signifikantem Ausmaß.

Tabelle 1 zeigt, dass das im Jahr 1995 untersuchte Papier Nr. 20, ein holzhaltiges Zeitungsdruckpapier, DIN A 4, mit saurer Leimung (Bundesanzeiger 1951), im unbehandelten Zustand eindeutig sauer war. Im Verlauf der künstlichen Alterung sank der pH-Wert von

ursprünglich 4,5 über 4,3 auf 4,1 nach 48 Tagen künstlicher Alterung. Durch die Behandlung mit Magnesiumhydrogencarbonat (Bückeberger Verfahren) stieg der pH-Wert bis weit in den basischen Bereich auf 10,7 und sank im Verlauf der künstlichen Alterung auf einen pH-Wert von 9,1. Das gleiche kann bei der alkalischen Reserve beobachtet werden: Im unbehandelten Zustand ist sie nicht vorhanden, sie steigt nach der Behandlung auf 0,48 mol/kg bzw. 2,4 % CaCO₃ und sinkt im Verlauf der künstlichen Alterung über 0,37 mol/kg bzw. 1,8 % CaCO₃ auf 0,29 mol/kg bzw. 1,4 % CaCO₃. Eine vergleichbare Untersuchung ist im Juni 2007 erfolgt. Das Staatsarchiv in Bückeberg hat der Firma Neschen Probanden des Papiers Nr. 20 aus dem oben erwähnten Untersuchungsprogramm,

und zwar im unbehandelten Zustand und im 1994 behandelten Zustand, zur Verfügung gestellt mit der Absicht, sie durch die Papiertechnische Stiftung Heidenau auf ihre chemischen und physikalischen Eigenschaften untersuchen zu lassen. Die Probanden wurden nach ISO 6588 (Kaltextrakt) auf ihren pH-Wert und nach ISO 10716 auf ihre Alkalireserve geprüft. Das Ergebnis der Prüfung nach zwölf Jahren natürlicher Alterung¹¹ im Jahr 2007 ist in den beiden rechten Spalten der Tabelle 1 (neben den Ergebnissen der Prüfung von 1995) festgehalten worden. Der pH-Wert des unbehandelten Papiers ist von 4,5 im Jahr 1995 auf 3,8 im Jahr 2007 gesunken.¹² Aber auch der pH-Wert des behandelten Papiers sank von 10,7 im Jahr 1995 auf 9,5 im Jahr 2007; er blieb jedoch deutlich im alkalischen Bereich. Das gleiche gilt für die Wirkung hinsichtlich der alkalischen Reserve (Puffer): das behandelte Papier liegt auch nach zwölf Jahren im alkalischen Bereich. Die weitere Beobachtung wird zeigen, ob sich längerfristig die Abnahme des pH-Wertes linear fortsetzt, oder ob sich die Abnahme, wie vermutet werden kann, in Zukunft verlangsamt.

Um die Aussagekraft dieses Ergebnisses zu stützen, wurden weitere Papiere, die in den Jahren 1998 (Formulare aus dem Jahr 1948) und

2002 (Formulare aus dem Jahr 1945) im Einbadverfahren behandelt worden waren, auf ihren pH-Wert und die alkalische Reserve geprüft. Der pH-Wert der unbehandelten Papiere ist nicht bekannt. Da sie jedoch aus der unmittelbaren Nachkriegszeit stammen, darf ohne Frage davon ausgegangen werden, dass der pH-Wert der unbehandelten Papiere eindeutig im sauren Bereich lag. Jetzt liegt der pH-Wert der Papierproben, die im Jahr 1998 behandelt worden sind, bei 8,6, die Alkalireserve bei 0,3 mol/kg bzw. 1,25 % CaCO₃, der pH-Wert der Papierproben, die im Jahr 2002 behandelt worden sind, liegt jetzt bei 9,5, die Alkalireserve bei 0,3 mol/kg bzw. 1,25 % CaCO₃. Die gemessenen Werte sind demnach auch heute – einige Jahre nach der Behandlung – noch ideal.¹³ Dadurch wird die nachhaltige Wirkung der Neutralisation nach dem „Bückerburger Verfahren“ bestätigt.

Auch die Festigkeitseigenschaften wurden zwölf Jahre nach der Behandlung erneut geprüft, und zwar jeweils an den unbehandelten und an den behandelten Proben des oben beschriebenen Papiers Nr. 20. Das Ergebnis ist in der Tabelle 2 aufgelistet.

Aus den Zahlen geht hervor, dass die am unbehandelten Papier gemessenen Festigkeitswerte durch die Behandlung in fast allen

³ Die ersten Überlegungen begannen bereits 1976. Über die Entwicklungsgeschichte informieren im Übrigen: Brigitte Poschmann: Konzeption und Bau einer Konservierungsanlage für Archivalien, in: *Der Archivar* 44 (1991), Sp. 74-77; Ludwig Angerpointner u. a.: Entwicklung und Bau einer Konservierungsanlage für blattweises Archivgut aus modernen Papieren, in: *Papers of the Conference on Book and Paper Conservation*, Budapest 1992, S. 138-151; Hubert Höing: Das Bückeberger Einzelblattverfahren zur Massenkonservierung von Archivalien, in: *Der Archivar* 48 (1995), Sp. 99-102; Hubert Höing: Die Konservierungsanlage im Niedersächsischen Staatsarchiv in Bückeberg – Bericht über den Probebetrieb und seine Ergebnisse, in: *Der Archivar* 50 (1997), Sp. 71-82; und Wilfried Feindt u. a.: Papierkonservierung nach dem Bückeberger Verfahren, Anlagenvariante und naturwissenschaftliche Ergebnisse, in: *Restaura* 104 (1998), S. 120-125.

⁴ In den Räumen des Bundesarchivs in Berlin-Hoppegarten ist seit 2001 eine große Anlage (Typenbezeichnung: CoMa3) im Einsatz. Zwei etwas kleinere Anlagen (Typenbezeichnung: CoMa4 und CoMa5) sind seit 2004 in den Räumen des Rheinischen Archiv- und Museumsamts in Brauweiler in Betrieb. Für eine kleinere bzw. dezentrale Anwendung wurde im Jahr 2002 eine Kleinanlage (Typenbezeichnung: C 900 bzw. C 900 2) konstruiert, die inzwischen weltweit verbreitet ist. Vgl. Marcus Stumpf: Massenentsäuerung im Landesarchiv Nordrhein-Westfalen – Erfahrungen mit dem Neschen-Verfahren, in: *Der Archivar* 60 (2007), S. 112-118 mit weiterer Literatur.

⁵ Großformatige Karten und Pläne werden, da sie nicht maschinell behandelt werden können und besondere Sorgfalt verlangen, weiterhin in der Restaurierungswerkstatt des Staatsarchivs Bückeberg manuell entsäuert und restauriert. Seit mehreren Jahren werden dementsprechend etwa 1.000 Karten/Jahr vornehmlich aus der Agrarstrukturverwaltung bearbeitet. Die notwendige Entsäuerungsflüssigkeit wird von der Firma Neschen bezogen.

⁶ Vgl. neuerdings: Empfehlungen zur Prüfung des Behandlungserfolgs von Entsäuerungsverfahren für saurehaltige Druck- und Schreibpapiere, in: Rainer Hofmann und Hans-Jörg Wiesner: Bestandserhaltung in Archiven und Bibliotheken (Hg.: DIN Deutsches Institut für Normung e. V.), Berlin u. a. 2007, S. 9-32.

⁷ Nach DIN ISO 5630-3. Vgl. Hofmann und Wiesner: Bestandserhaltung (wie Anm. 6), S. 231-235. Eine Aussage darüber, wie weit sich Tage künstlicher Alterung und Jahre natürlicher Alterung entsprechen, ist nicht möglich. - Die in DIN ISO 9706 : 1995 unter Anhang C.Lc genannten Vorbehalte gegenüber der beschleunigten Alterung finden hier durchaus eine Bestätigung. „Dennoch besteht kein Zweifel daran, dass Untersuchungen unter den Bedingungen der beschleunigten Alterung gegebenenfalls ein sehr hilfreiches Verfahren im geeigneten Fall sein können...“ (ebd.).

⁸ Der archivfachliche Probebetrieb (unter den Bedingungen eines Produktionsbetriebs) der Anlage wurde 1994 bis 1995 durchgeführt. Die Übergabe an die Firma Neschen und damit die eigentliche Produktion erfolgt seit 1996.

⁹ Die Prüfung der mechanischen Eigenschaften (Bruchkraft und Bruchdehnung, Bruchkraft nach Falzung, Durchreißwiderstand), der chemischen Eigenschaften (pH-Wert, alkalische Reserve) und der optischen Eigenschaften (Reflexionsfaktor und Gelbwert des Papiers) wurde von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) in Berlin vorgenommen. Darüber hinaus wurde eine (zerstörungsfreie) Untersuchung der Verteilung der vorhandenen chemischen Elemente auf der Oberfläche und im Querschnitt der Prüfpapiere mit Hilfe von Elektronenstrahl-Mikrosonden durch das Institut für Chemie der Universität Osnabrück (Dr. Bernd Gather) durchgeführt. Vgl. dazu: Höing: Die Konservierungsanlage (wie Anm. 3), Sp. 71-82; und Feindt u. a.: Papierkonservierung (wie Anm. 3), S. 120-125.

¹⁰ Die Messungen 1995 wurden von der BAM (wie Anm. 9), die Messungen 2007 wurden von der Papiertechnischen Stiftung (PTS) Heidenau durchgeführt (PTS-Prüfbericht 27 979). In den Tabellen sind hier jeweils nur die Mittelwerte angegeben worden.

¹¹ Die behandelten und unbehandelten Papierproben wurden während der gesamten Zeitdauer jeweils in säurefreiem Karton in einem nicht klimatisierten Magazin aufbewahrt.

¹² Die DIN ISO 9706 : 1995 nennt als erforderliche Eigenschaften (neben den Festigkeitseigenschaften) eine Alkalireserve, die mindestens 0,4 mol Säure je kg entspricht (Im Falle, dass Calciumcarbonat verwendet wurde, um die Alkalireserve zu bilden, sind die Anforderungen erfüllt, wenn das Papier pro kg etwa 20 g CaCO₃ [=2,0 % CaCO₃] enthält) und einen pH-Wert des Kaltwasserextraktes, der zwischen 7,5 und 10 liegt. Vgl. Hofmann und Wiesner: Bestandserhaltung (wie Anm. 6), S. 33-39; ferner Rainer Hofmann: Pflichtenheft für die Massenentsäuerung von Archivgut. Zusammenstellung grundsätzlicher Anforderungen, in: *Verwahren, Sichern, Erhalten. Handreichungen zur Bestandserhaltung in Archiven*, hg. v. Mario Glauert und Sabine Ruhnau, Potsdam 2005, S. 193-205 (Veröffentlichungen der brandenburgischen Landesfachstelle für Archive und öffentliche Bibliotheken, Bd. 1).

¹³ Die Tatsache, dass die Werte niedriger sind als bei den Proben aus 1994/5, ist zu begrüßen, weil ein pH-Wert > 10 eher unerwünscht ist. Allgemein wird seit der Anwendung des Einbadverfahrens ein niedrigerer pH-Wert gemessen als in dem Dreierbad, das in der Pilotphase angewandt wurde.

Papier Nr. 20

	künstlich gealtert, gemessen 1995								natürlich gealtert, gemessen 2007	
	0 Tage		12 Tage		24 Tage		48 Tage		12 Jahre	
	unbehandelt	behandelt	unbehandelt	behandelt	unbehandelt	behandelt	unbehandelt	behandelt	unbehandelt	behandelt
Bruchkraft in N										
längs	20,7	24,1	16,3	21,2	15,4	20	12,0	19,8	13,57	23,39
quer	11,3	11,3	9,3	10,9	8,5	10,3	7,6	10,9	9,03	14,52
Bruchdehnung in mm										
längs	1,2	1,5	1	1,2	0,8	1	0,8	1	0,56	0,77
quer	1,9	1,7	1,5	1,4	1,4	1,4	1,1	1,4	0,88	1,13
Bruchkraft nach definierter Falzung in N										
längs	18	20,5	12,2	9,7	8,5	9,8	3,6	9,4	10,41	15,17
quer	10,3	10,4	8,3	6,5	6,3	5,9	2,8	6,7	6,97	8,75

Tabelle 2¹⁴

	Formular von 1948, behandelt 1998, gemessen 2007	Formular von 1945, behandelt 2002, gemessen 2007
Bruchkraft [N]		
längs	45,36	32,13
quer	19,63	18,03
Dehnung bei normalem Zugversuch [%]		
längs	1,11	0,9
quer	1,62	1,41
Bruchkraft nach Falz [N]		
längs	38,48	21,54
quer	17,76	14,16

Tabelle 3¹⁵

Punkten stark ansteigen, im Zusammenhang mit der künstlichen Alterung jedoch stark abfallen. Das gilt sowohl für die unbehandelten wie auch die behandelten Papierproben. Immerhin sind im Allgemeinen die Werte der behandelten Papierproben, die (bei der Bruchkraft nach Falzung nach 48 Tagen künstlicher Alterung) bis zu 47,8 % zurückgehen, relativ besser als die der unbehandelten, die (in derselben Kategorie) sogar bis zu 80 % zurückgehen. Nach 48-tägiger Alterung stehen die behandelten Papierproben in jeder gemessenen Kategorie um ein Vielfaches besser da als die unbehandelten.

Erwartungsgemäß sind auch nach der natürlichen Alterung die gemessenen Festigkeitswerte i.d.R. um einige Prozentpunkte gesunken. Entscheidend ist jedoch der Vergleich zwischen den Werten der behandelten und unbehandelten Proben. Demnach sind die Werte der behandelten Proben zwischen dem 1,25- und dem 1,7-fachen höher als die der unbehandelten Proben.

Um die Aussagekraft dieses Ergebnisses zu stützen, wurden die o. a. Papiere, die in den Jahren 1998 (Formulare aus dem Jahr 1948) und

2002 (Formulare aus dem Jahr 1945) im Einbadverfahren behandelt worden waren, auch auf ihre Festigkeitseigenschaften geprüft. Prüfungsergebnisse von Vergleichsproben unbehandelter Papiere liegen nicht vor. Da die Probanden jedoch aus der unmittelbaren Nachkriegszeit stammen, darf davon ausgegangen werden, dass die unbehandelten Papiere ähnliche, wenn nicht schlechtere Festigkeitswerte hatten als das o. a. Papier Nr. 20.

In beiden Fällen sind die Werte der Bruchkraft und der Bruchkraft nach Falzung erfreulich hoch, was als eine Folge der Behandlung nach dem „Bückerburger Verfahren“ anzusehen ist. Warum die Werte der Bruchdehnung nicht höher sind als bei Papier 20 im unbehandelten Zustand, bedarf einer Erklärung, die nicht auf der Hand liegt. Als Ergebnis der Kontrolle der längerfristigen Wirksamkeit¹⁶ des „Bückerburger Verfahrens“ bleibt also festzuhalten, dass die wichtigsten Ziele einer konservatorischen Behandlung erreicht werden. Der pH-Wert wird in den basischen Bereich gehoben und eine alkalische Reserve eingebracht. Die durch die Behandlung erreichten Werte bleiben über einen längeren Zeitraum wirksam. Die Festigkeit des Papiers wird durch die Behandlung signifikant erhöht; der durch die Behandlung erzielte Festigkeitserfolg bleibt auch nach natürlicher Alterung von zwölf Jahren erhalten und liegt signifikant höher als die Werte des unbehandelten Vergleichspapiers.

Die Untersuchung hat im Übrigen gezeigt, wie wichtig die Kontrolle der längerfristigen Wirksamkeit ist.¹⁷ Mit Spannung darf den Untersuchungen des Jahres 2019 entgegengesehen werden. ■

Hubert Höing, Bückeberg

¹⁴ Die Messungen 1995 wurden von der BAM (wie Anm. 9), die Messungen 2007 wurden von der PTS Heidenau durchgeführt. N = Newton (1 N = 1 kg·m/s²).

¹⁵ Die Messungen wurden von der PTS Heidenau durchgeführt.

¹⁶ Vgl. Hofmann: Pflichtenheft (wie Anm. 12), S. 200. Die aufwendige Untersuchung mit dem Rasterelektronenmikroskop (REM) wurde im Rahmen des Untersuchungsprogramms von 1995 durchgeführt, hier jedoch nicht wiederholt.

¹⁷ Dank gebührt den Herren Wolfgang Karras und Ernst Koetsier für ihre Anregungen und Hinweise.